

in thin layers has been held. As the most specific reagent 1% solution of vanillin in conc. sulfuric acid and most sensitive – ferric-iodine complex have been offered. Chromatographing of chloroform extracts, obtained from the liver tissue, for the detection of adsorption zones of furosemide in thin layers was impossible. The HPLC conditions for the chromatography of the methanol eluates of toxicants, obtained from the undeveloped by reagents adsorption area in a thin layer, have been proposed. The retention time of glibenclamide ($t_R = 9,88$), pioglitazone ($t_R = 5,03$) and simvastatin ($t_R = 16,99$) matched with the retention time of standard samples. Thus, the application of these chromatographic conditions allows the identification of toxicants investigated for poisoning by unknown substance.

Keywords: drugs, combined poisoning, glibenclamide, detection, biological objects, TLC, HPLC.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вергейчик, Т. Х. Токсикологическая химия: учеб. / Т. Х. Вергейчик; под ред. проф. Е. Н. Вергейчика. – М.: МЕДпрессинформ, 2009. – 400 с.
2. Каджарян, В. Г. Новое в лечении сахарного диабета 2 типа / В. Г. Каджарян, Н. И. Капшитарь // Запорожский медицинский журнал. – 2014. – №1 (82). – С. 74–79.
3. Решедько, Г. К. Клиническое применение глибенкламида: вопросы безопасности и эффективности / Г. К. Решедько, Е. В. Хайкина // Проблемы эндокринологии. – 2012. – № 3. – С. 65–69.
4. Взаимодействие лекарств и эффективность фармакотерапии / Л. В. Деримедведь [и др.]. – Харьков: Мегapolis, 2001. – 784 с.
5. Чернишов, В. А. Дисліпідемія у хворих на цукровий діабет 2-го типу:

перспективи застосування комбінованої гіполіпідемічної терапії / В.А. Чернишов // Укр. терапевт. журн. – 2012. – №1. – С. 111–118.

6. Completed suicide [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ehealthme.com/ds/completed+suicide>. – Дата доступа: 05.10.2015.

7. Spiller, H. A. Toxicology of oral antidiabetic medications / H. A. Spiller, T. S. Sawyer // Am. J. Health Syst. Pharm. – 2006. – Vol. 63(10). – P. 929–938.

8. Александров, А. А. Сердечно-сосудистые последствия современного алгоритма сахароснижающей терапии: «Флорентийская гипотеза» / А. А. Александров, С. С. Кухаренко, М. Н. Ядрихинская // Сахарный диабет. – 2010. – № 4. – С. 31–37.

9. Карташов, В. А. Химико-токсикологический анализ: в 2 ч. / В. А. Карташов // Ч. 1. Выделение токсических веществ из биологических объектов. – Майкоп: ООО «Качество», 2008. – 188 с.

10. Крамаренко, В. Ф. Токсикологическая химия / В. Ф. Крамаренко – К.: Высшая школа, 1989. – 272 с.

11. ТСХ-скрининг токсикологически значимых соединений, изолируемых экстракцией и сорбцией / Г. В. Раменская [и др.]; под ред. А. П. Арзамасцева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 240 с.

Адрес для корреспонденции:

61168, Украина,
г. Харьков, ул. Блюхера, 4,
Национальный фармацевтический университет,
кафедра токсикологической химии,
тел. : +3(8057)67-91-92,
e-mail: TanyaKucher@list.ru,
Кучер Т. В.

Поступила 02.11.2015 г.

В. А. Седакова, А. В. Клебанов, Н. А. Клебанова, Е. С. Барашкова, Е. В. Седаков

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБРАЗОВАНИЯ КОРОТКОЦЕПОЧЕЧНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПРИ ДЕЙСТВИИ БИФИДО- И ЛАКТОБАКТЕРИЙ НА ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА *IN VITRO*

Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова

В статье представлены экспериментальные данные по исследованию ферментативного распада пищевых волокон под действием бифидо- и лактобактерий. В качестве субстрата использовались: цитрусовый и яблочный пектины, льняная

клетчатка и глюкоза. Динамика процесса определялась по зависимости содержания короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК) в анализируемых системах от времени. Качественный и количественный состав КЦЖК определяли хроматографическим методом.

Установлено, что различные пищевые волокна способствуют выработке различного количества метаболитов: пропионовой, масляной и изовалериановой кислот.

Ключевые слова: пищевые волокна, хроматографический метод, бифидо- и лактобактерии, короткоцепочечные жирные кислоты.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в научной литературе уделяется большое внимание положительной роли влияния пищевых волокон на организм человека. Пищевые волокна с точки зрения теории функционального питания относятся к пребиотикам. Пребиотики – это неперевариваемые в организме человека компоненты пищи, оказывающие благотворное влияние на организм через стимуляцию собственной микрофлоры организма. Кроме того, за счет адсорбционных свойств пищевые волокна снижают уровень холестерина и триацилглицеринов в плазме, способствуют снижению уровня постпрандиальной гликемии и снижению доступности нутриентов, уменьшают время контакта слизистой оболочки с токсинами и желчными кислотами [1]. В работах [2, 3] высказывается предположение об онкопротекторной роли пищевых волокон.

Расщепление пищевых волокон в желудочно-кишечном тракте происходит не за счет собственных ферментов, а под действием ферментов микрофлоры кишечника. Основными продуктами при этом являются короткоцепочечные жирные кислоты, в основном уксусная, пропионовая и масляная, реже – валериановая и изовалериановая.

Функции КЦЖК весьма разнообразны: они препятствуют размножению гнилостных и патогенных микробов, регулируют апоптоз, обладают антиканцерогенным эффектом, снижая пролиферацию клеток и повышая их дифференцировку [4], создают слабокислую среду и являются важнейшими регуляторами водного, электролитного и кислотно-щелочного балансов. Кроме того, КЦЖК выполняют энергетическую функцию, покрывая энергозатраты макроорганизмов на 5–10%. Одной из наиболее значимых функций КЦЖК является способность влиять на кишечный транспорт [5]. Существует мнение [6, 7], что КЦЖК являются маркерами относительного бла-

гополучия в кишечнике.

В работах [6, 8, 9] отмечается, что количественный и качественный состав КЦЖК зависит от вида субстрата, доступного для ферментации кишечной микрофлорой. На наш взгляд, анализ уксусной кислоты малоинформативен, так как её количество, как правило, выше, чем остальных кислот, и изменение ее количества малоспецифично. Кроме того, в последнее время в научной литературе особое внимание уделяется таким метаболитам кишечной микрофлоры, как масляная и пропионовая кислоты. Именно повышение выработки кишечной микрофлорой масляной кислоты большинство исследователей связывают с профилактикой возникновения колоректального рака [10]. Повышение выработки пропионовой кислоты связывают с антибактериальным эффектом различных пищевых волокон, а повышение содержания изовалериановой кислоты – с увеличением протеолитической активности кишечной микрофлоры [7]. Поэтому основное внимание было направлено на определение пропионовой, масляной и изовалериановой кислот в анализируемых системах.

Целью настоящего исследования являлось изучение динамики образования короткоцепочечных жирных кислот при действии бифидо- и лактобактерий на различные пищевые волокна и глюкозу *in vitro*.

Исследование систем «глюкоза – бифидобактерии» и «глюкоза – лактобактерии» необходимо для сопоставления динамики, а также качественного и количественного состава продуктов ферментативного распада простых и сложных углеводов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве действующей сахаролитической анаэробной микрофлоры использовали препараты «Бифидумбактерин форте» и «Лацидофил-WM». Препарат «Бифидумбактерин форте» представлял собой микробную массу живых бактерий антагони-

стически активного штамма *Bifidobacterium bifidum* №1, сорбированных на частицах активированного угля, – не менее 50 млн колониеобразующих единиц (КОЕ) в одной дозе. Препарат «Лацидофил-WM» содержал микробную массу живых лиофилизированных бактерий – в одной дозе 2 миллиарда бактерий (*Lactobacillus rhamnosus* Rosell-11 – 1,9 млрд; *Lactobacillus acidophilus* Rosell-52 – 0,1 млрд).

В качестве потребляемых субстратов для бактерий использовали цитрусовый пектин (НМ SS цитрусовый пектин, производитель: компания Каргилл, Германия), яблочный пектин (страна-производитель – Китай), льняную клетчатку (ТУ ВУ 19009841.005 – 2011) и глюкозу.

Анализируемые системы готовили путем предварительного растворения либо набухания 1 г пищевого волокна (или 1 г глюкозы) в дистиллированной воде в мерной колбе на 100 мл и добавления 1 дозы препарата бактерий, всё содержимое помещали в термостат при температуре 38 °С. Отбор проб для анализа проводили в промежутке времени от 2 до 24 часов.

Для качественного и количественного анализа КЦЖК использовали хроматографический метод анализа. Пробоподготовку биологического материала для хроматографического анализа осуществляли в соответствии с ранее установленными параметрами [11].

Исследуемые системы анализировали на газовом хроматографе ГАЛС-311 с использованием кварцевой капиллярной

колонки OPTIMA FFAP длиной – 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм, неподвижная фаза – пленка сополимера полиэтиленгликоля с 2-нитротерфталевой кислотой; толщина пленки 0,25 мкм. Производитель «Macherey-Nagel». Регистрацию хроматограмм проводили в изотермическом режиме с пламенно-ионизационным детектированием.

Полученные хроматограммы обрабатывали с помощью компьютерной программы МультиХром 1.5. Идентификацию компонентов на хроматограммах осуществляли, сравнивая времена удерживания компонентов смеси со временами удерживания индивидуальных чистых веществ в стандартных растворах.

На рисунке 1 представлена хроматограмма короткоцепочечных жирных кислот, образующихся при действии лактобактерий на яблочный пектин в течение 2 часов.

Количественный анализ проводили методом стандартной добавки по площади пика определенного компонента. В качестве стандарта использовали раствор изомасляной кислоты [12].

Расчетные формулы для определения содержания КЦЖК:

$$C_i = \frac{m_{st}}{V_n \times \left(\frac{S_{st2}}{S_{st1}} - 1 \right)} \quad (1)$$

где m_{st} – масса стандартной добавки, мг; V_n – объем пробы, взятой для анали-

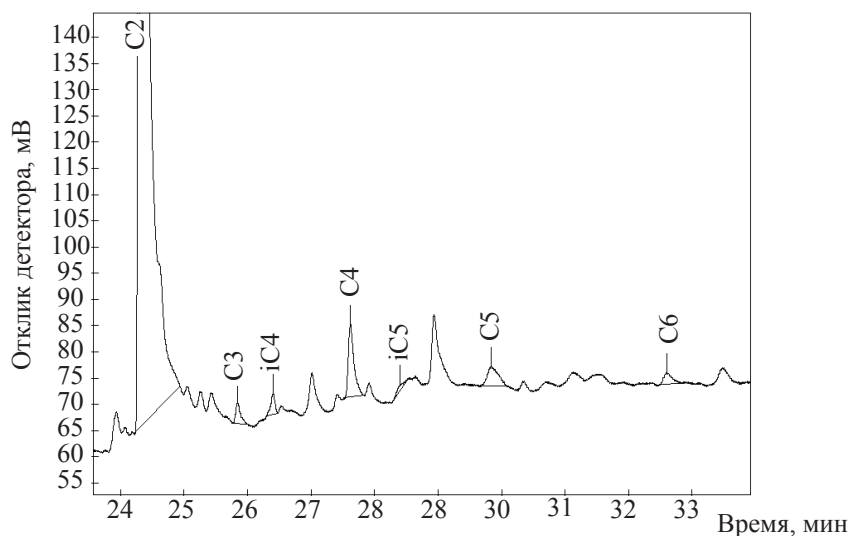


Рисунок 1 – Хроматограмма короткоцепочечных жирных кислот, образующихся при действии лактобактерий на яблочный пектин в течение 2 часов

за, см³; S_{st2} – площадь пика, принятого за стандарт, на хроматограмме после добавления стандарта; S_{st1} – площадь пика, принятого за стандарт, на хроматограмме до добавления стандарта.

$$C_i = \frac{m_{st}}{V_n * \left(\frac{S_{st2}}{S_{i2} * K_i} \right) - \left(\frac{S_{st1}}{S_{i1} * K_i} \right)} \quad (2)$$

где S_{i2} – площадь пика определяемого компонента на хроматограмме смеси, в которую был введен стандарт; S_{i1} – площадь пика определяемого компонента на хроматограмме исходной смеси; K_i – относительный поправочный коэффициент для определяемого компонента.

Условия калибровки и анализа смесей были идентичны.

Базы данных с результатами исследования формировались с использованием MS Excel. Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программы STATISTICA 6.0 (StatSoft). Для выбора метода статистической обработки и описания полученных данных оценивался вид распределения количественных значений на соответствие закону нормального распределения с использованием критерия Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка (уровень значимости $p < 0,05$). Количественные данные с нормальным распределением значений обработаны статистически и представлены с указанием средней арифметической (M) и ошибки средней арифметической (m). С целью проверки статистической нулевой гипотезы об однородности групп исследования использовались непараметрические методы: при сравнении двух групп – U-критерий Манна-Уитни, более двух групп – H-критерий Краскала-Уоллиса ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате качественного анализа установлено, что в исследуемых системах содержатся уксусная (C_2), пропионовая (C_3), масляная (C_4), изовалериановая (iC_5) кислоты и в некоторых системах следы валериановой (C_5) и капроновой кислот (C_6).

Результаты определения количественного содержания короткоцепочечных жирных кислот, образующихся при действии бифидо- и лактобактерий на различные

субстраты, в зависимости от времени ферментации, представлены на рисунках 2–5 (см. обложку журнала).

В ходе эксперимента выявлено, что для систем «глюкоза – бифидобактерии» и «глюкоза – лактобактерии» содержание КЦЖК можно расположить в ряд: $C_3 > C_4 > iC_5$. Однако при действии лактобактерий на глюкозу содержание всех кислот больше, чем при действии бифидобактерий, за исключением изовалериановой кислоты, которая не обнаруживается при действии лактобактерий. Характер зависимости всех КЦЖК при действии лактобактерий на глюкозу одинаков – значения проходят через максимум, в то время как при действии бифидобактерий наблюдается рост для пропионовой и масляной кислот и незначительное уменьшение для изовалериановой кислоты. При обработке полученных данных установлены статистически значимые различия продукции пропионовой кислоты под действием бифидо- и лактобактерий из глюкозы (2 часа ферментации – $p = 0,05$, 3 часа – $p = 0,037$, 10 часов – $p = 0,037$ и 24 часа – $p = 0,05$), масляной (2 часа ферментации – $p = 0,037$, 3 часа – $p = 0,05$ и 10 часов – $p = 0,025$) и изовалериановой кислот (2 часа ферментации – $p = 0,037$, 3 часа – $p = 0,037$ и 24 часа – $p = 0,037$).

В результате анализа метаболитов систем, содержащих в качестве субстрата цитрусовый пектин, была выявлена аналогичная зависимость, как и для систем «глюкоза – бифидобактерии» и «глюкоза – лактобактерии»: $C_3 > C_4$, как для бифидо-, так и лактобактерий с тем лишь отличием, что уровень концентраций КЦЖК значительно выше, чем для глюкозы. При действии бифидобактерий на цитрусовый пектин максимальная концентрация кислот достигается уже через 3 часа ферментации, в то время как под действием лактобактерий рост концентрации кислот продолжается в течение 24 часов. Кроме того, ни под действием бифидо-, ни под действием лактобактерий на цитрусовый пектин не обнаруживается изовалериановая кислота. В результате статистической обработки полученных данных выявлены значимые различия продукции пропионовой кислоты при действии бифидо- и лактобактерий на пектин цитрусовый (2 часа ферментации – $p = 0,05$, 3 часа – $p = 0,05$, 10 часов – $p = 0,037$ и 24 часа – $p = 0,05$) и мас-

ляной (2 часа ферментации – $p=0,05$ и 10 часов – $p=0,037$).

В ходе эксперимента выявлено, что для системы «яблочный пектин – лактобактерии» наблюдается аналогичная зависимость, как для глюкозы и цитрусового пектина: $C_3 > C_4 > iC_5$. Однако при действии бифидобактерий на яблочный пектин выявлены некоторые отличия: $C_4 > C_3 > iC_5$, причем концентрация масляной кислоты значительно превышает концентрации других кислот. Кроме того, для масляной кислоты ярко выражена зависимость увеличения концентрации от времени ферментации в системе, содержащей бифидобактерии. При действии лактобактерий на яблочный пектин образуется больше пропионовой и изовалериановой кислоты, чем при действии бифидобактерий. Но в системе «яблочный пектин – бифидобактерии» зафиксировано значительно большее количество масляной кислоты, чем в системе «яблочный пектин – лактобактерии». При обработке полученных данных установлены статистически значимые различия продукции масляной кислоты под действием бифидо- и лактобактерий из пектина яблочного (10 часов – $p=0,05$ и 24 часа – $p=0,05$) и изовалериановой кислоты (3 часа – $p=0,037$).

Как следует из данных, представленных на рисунке 5 (см. обложку журнала), для системы «льняная клетчатка – лактобактерии» по количественному содержанию КЦЖК наблюдается такая же зависимость, что и для системы «яблочный пектин – лактобактерии»: $C_3 > C_4 > iC_5$, а для системы «льняная клетчатка – бифидобактерии»: $C_4 > C_3 > iC_5$. Следует отметить, что при действии бифидобактерий на льняную клетчатку максимальная концентрация масляной кислоты достигается через 3 часа ферментации и в дальнейшем уменьшается. Кроме того, в системе «льняная клетчатка – бифидобактерии» зарегистрировано большее количество пропионовой и масляной кислот, чем в системе «льняная клетчатка – лактобактерии», где зарегистрировано большее количество изовалериановой кислоты. При статистической обработке полученных данных выявлены статистически значимые различия продукции пропионовой кислоты под действием бифидо- и лактобактерий из льняной клетчатки (2 часа ферментации – $p=0,037$, 3 часа – $p=0,037$, 10 часов – $p=0,05$), мас-

ляной (3 часа ферментации – $p=0,05$) и изовалериановой кислот (2 часа ферментации – $p=0,037$, 3 часа – $p=0,05$).

Анализируя продукцию отдельных кислот из исследованных субстратов под действием бифидо- и лактобактерий, можно сказать, что с увеличением времени ферментации количество пропионовой кислоты увеличивается для всех видов субстрата под действием как бифидо-, так и лактобактерий. При действии бифидобактерий на изученные субстраты (рисунки 2–5, см. обложку журнала) с увеличением времени ферментации зафиксировано увеличение количества пропионовой кислоты для всех образцов. Статистически значимые различия концентрации данной кислоты при действии на разные субстраты выявлены для сроков ферментации: в 3 часа ($p=0,022$), в 10 часов ($p=0,014$) и 24 часа ($p=0,018$). Наибольшее увеличение количества пропионовой кислоты установлено для цитрусового пектина (через 3 часа концентрация C_3 составляет $(6,7 \pm 0,6) \times 10^{-4}$ моль/л) и льняной клетчатки (через 10 часов её концентрация составляет $(7,0 \pm 0,6) \times 10^{-4}$ моль/л). При действии лактобактерий на изученные субстраты зафиксировано статистически значимое увеличение концентрации пропионовой кислоты для сроков: в 2 часа ($p=0,015$), в 3 часа ($p=0,022$) и 24 часа ($p=0,015$). Также наибольшее увеличение количества пропионовой кислоты установлено для цитрусового пектина (через 24 часа концентрация C_3 составляет $(1,9 \pm 0,2) \times 10^{-3}$ моль/л).

Для всех исследуемых объектов, кроме льняной клетчатки, концентрация пропионовой кислоты зарегистрирована значительно выше в системах, содержащих лактобактерии, чем в системах с бифидобактериями.

В системах, содержащих бифидобактерии, с ростом времени ферментации концентрация масляной кислоты непрерывно увеличивается для таких субстратов, как глюкоза и яблочный пектин, и к моменту времени 24 часа составляет $(1,6 \pm 0,2) \times 10^{-4}$ и $(1,01 \pm 0,10) \times 10^{-3}$ моль/л соответственно. А при использовании в качестве субстрата для бифидобактерий цитрусового пектина и льняной клетчатки значения концентрации образующейся масляной кислоты проходят через максимум, который приходится на момент времени 3 часа. Статистически значимые различия концентрации

масляной кислоты при действии на разные субстраты бифидобактерий выявлены для сроков ферментации: в 3 часа ($p=0,044$), в 10 часов ($p=0,014$) и 24 часа ($p=0,022$). В системе «глюкоза – лактобактерии» (рисунки 2, см. обложку журнала) значения концентрации масляной кислоты также проходят через максимум, причем величина этого максимума превышает аналогичные значения в системе, содержащей бифидобактерии (уже через 4 часа при действии лактобактерий концентрация C_4 составляла $(2,53 \pm 0,30) \times 10^{-4}$ моль/л, а при действии бифидобактерий через 24 часа – $(1,42 \pm 0,15) \times 10^{-4}$ моль/л). Для системы «яблочный пектин – лактобактерии» (рисунки 4, см. обложку журнала) максимальное количество масляной кислоты достигается в первые 2 часа, затем её содержание постепенно уменьшается. По-видимому, уменьшение концентрации масляной кислоты может быть связано с её включением в метаболические процессы. При действии лактобактерий на изученные субстраты (рисунки 2–5, см. обложку журнала) зафиксированы статистически значимые различия в концентрациях масляной кислоты для времени ферментации 10 часов ($p=0,034$). В системе «цитрусовый пектин – лактобактерии» зафиксировано незначительное повышение количества масляной кислоты к 24 часам, а в системе «льняная клетчатка – лактобактерии» – к 10 часам повышение количества масляной кислоты до $(2,44 \pm 0,27) \times 10^{-4}$ моль/л.

Для всех исследованных субстратов динамика накопления масляной кислоты противоположна динамике накопления пропионовой кислоты: масляной кислоты образуется больше при действии бифидобактерий на изученные субстраты, чем при действии лактобактерий.

В ходе эксперимента установлено, что для систем «глюкоза – лактобактерии», «цитрусовый пектин – лактобактерии» и «цитрусовый пектин – бифидобактерии» изовалериановая кислота обнаруживается на уровне следовых количеств. Для систем «глюкоза – бифидобактерии» и «яблочный пектин – бифидобактерии» максимальное количество изовалериановой кислоты регистрируется через 2 часа от начала ферментации ($(4,7 \pm 0,28) \times 10^{-5}$ моль/л и, $(3,4 \pm 0,22) \times 10^{-5}$ моль/л, соответственно) и к 24 часам её содержание уменьшается. Для системы «льняная клетчатка – бифидобак-

терии» и «льняная клетчатка – лактобактерии» с увеличением времени ферментации количество изовалериановой кислоты возрастает, причем максимальное её значение $((1,30 \pm 0,08) \times 10^{-4}$ моль/л) достигается при действии лактобактерий. В системе «яблочный пектин – лактобактерии» наблюдается уменьшение количества изовалериановой кислоты. Следует отметить, что для рассматриваемых систем образуется большее количество изовалериановой кислоты при действии лактобактерий, чем при действии бифидобактерий на исследуемые субстраты. Статистически значимые различия концентрации изовалериановой кислоты при действии на разные субстраты бифидобактерий выявлены для сроков ферментации: в 2 часа ($p=0,013$), в 3 часа ($p=0,039$), в 10 часов ($p=0,014$) и 24 часа ($p=0,014$). При действии лактобактерий на изученные субстраты зафиксированы статистически значимые различия концентрации изовалериановой кислоты для времени ферментации в 3 часа ($p=0,014$), в 10 часов ($p=0,014$) и 24 часа ($p=0,013$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения динамики образования короткоцепочечных жирных кислот при действии бифидо- и лактобактерий на пищевые волокна *in vitro* можно сделать следующие выводы:

- утилизация одинакового субстрата зависит от вида бактерий;
- качественный и количественный состав продуктов ферментации для одних и тех же бактерий зависит от происхождения пектина;
- основными продуцентами пропионовой и изовалериановой кислот из изученных пищевых волокон являются лактобактерии, а масляной кислоты – бифидобактерии.

Полученные результаты могут использоваться для разработки рекомендаций по применению различных видов пищевых волокон в качестве биологически активных добавок в рационе питания. Например: для разработки добавок с онкопротекторными свойствами целесообразно использовать такое пищевое волокно, как яблочный пектин в присутствии бифидобактерий, либо льняную клетчатку в присутствии лактобактерий, что приведет к образованию максимального количества

масляной кислоты, которая, согласно литературным данным, и обуславливает онкопротекторные свойства пищевых волокон.

Эксперименты проводились на базе ресурсного центра УО «МГУ имени А.А. Кулешова».

SUMMARY

V. A. Sedakova, A. V. Klebanov,
N. A. Klebanova, E. S. Barashkova,
E. V. Sedakov

THE STUDY OF DYNAMICS OF FORMATION OF SHORT-CHAIN FATTY ACIDS BY THE ACTION OF BIFIDOBACTERIA AND LACTOBACILLI IN DIETARY FIBER *IN VITRO*

The article presents experimental data on the study of the fermentation of dietary fiber by the action of bifidobacteria and lactobacilli. As substrate were used: citrus and apple pectin, flax fiber and glucose. Qualitative and quantitative composition of short-chain fatty acids was determined by chromatography. It is shown that different dietary fibers contribute to the production of different amounts of short-chain fatty acids.

Keywords: dietary fiber, chromatographic method, bifidobacteria, lactobacilli, short-chain fatty acids.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мейер, Р. Пищевые волокна и короткоцепочечные жирные кислоты / Р. Мейер // Лечебное питание – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.critical.ru/GastroSchool/content/1/1/f_01_02_07.htm. – Дата доступа: 06.10.2015.

2. Гигиенические аспекты использования пектина и пектиновых веществ в лечебно-профилактическом питании / А. В. Истомин, Т. Л. Пилат. – М., 2009. – 44 с.

3. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию / А. Ф. Дорогин и др. – Москва: ДеЛи принт, 2009. – 286 с.

4. Probiotics and intestinal microbiota: implication in colon cancer prevention / K. Sivieri [et al.] // Lactic acid bacteria – R and D for food, health and livestock purposes. – 2013. – P. 217–242.

5. Хавкин, А. И. Пробиотические про-

дукты питания и естественный иммунитет / А. И. Хавкин // Лечащий врач. – 2009. – №8. – С. 84–86.

6. Sun, Y. Regulation of Bacterial Pathogenesis by Intestinal short chain fatty acids / Y. Sun, M.X.D. O’Riordan // Advances in Applied Microbiology – 2013. – Vol.85. – P. 93–118.

7. Летучие жирные кислоты и их диагностическое и прогностическое значение в гастроэнтерологической клинике / М. Д. Ардатская [и др.] // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2000. – №5. – С. 63–70.

8. Pryde, S. E. The microbiology of butyrate formation in the human colon / S. E. Pryde, S. H. Duncan, G. L. Hold // FEMS Microbiol. Lett. – 2002. – Vol.17. – P.133–139.

9. Colonic health: fermentation and short chain fatty acids / J.M. Wong [et al.] // J. Clin. Gastroenterol. – 2006. – Mar. 40(3). – P. 235–243.

10. Головенко, О. В. Роль масляной кислоты и инулина в лечении органических и функциональных заболеваний кишечника: пособие для врачей / О. В. Головенко, И. Л. Халиф, А.О. Головенко. – ФГБУ «ГНЦ Колопроктологии» Минздравсоцразвития России, Москва. – 2-е изд., доп. – М.: 4ТЕ АРТ, 2012. – 40 с.

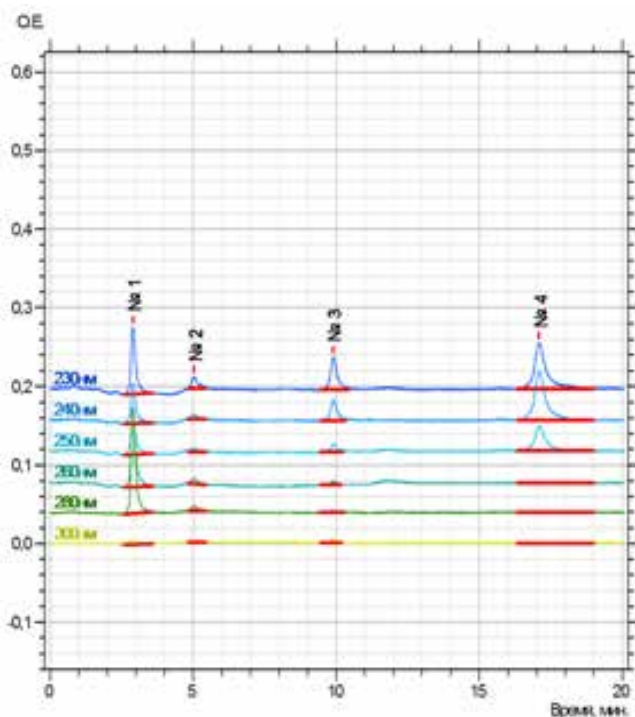
11. Определение короткоцепочечных жирных кислот в крови человека / В. А. Седакова [и др.] // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран: сб. науч. статей III Международной научно-практической конференции. Могилев, 4 апреля 2014 г. / Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2014. – С. 444–448.

12. Определение короткоцепочечных жирных кислот в биологических объектах методом газожидкостной хроматографии / В. А. Седакова [и др.] // Вестник фармации, 2013. – №3 (61). – С. 37–42.

Адрес для корреспонденции:

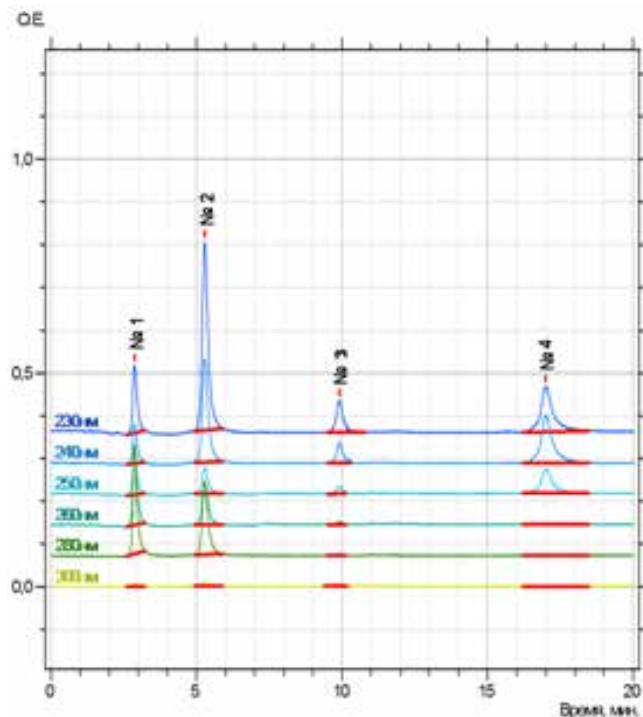
212000, Республика Беларусь,
г. Могилев, ул. Космонавтов, 1,
Могилевский государственный
университет им. А.А. Кулешова,
кафедра химии,
sedakova@tut.by,
Седакова В.А.

Поступила 03.11.2015 г.



1 – кофеин, 2 – пиоглитазон, 3 – глибенкламид, 4 – симвастатин

Рисунок 1 – Хроматограмма смеси стандартных веществ



1 – кофеин, 2 – фуросемид, 3 – глибенкламид, 4 – симвастатин

Рисунок 2 – Хроматограмма смеси стандартных веществ

Рисунки к статье В. А. Седакова, А. В. Клебанов, Н. А. Клебанова, Е. С. Барашкова, Е. В. Седаков «Исследование динамики образования короткоцепочечных жирных кислот при действии бифидо- и лактобактерий на пищевые волокна *in vitro*» (С. 33–39)

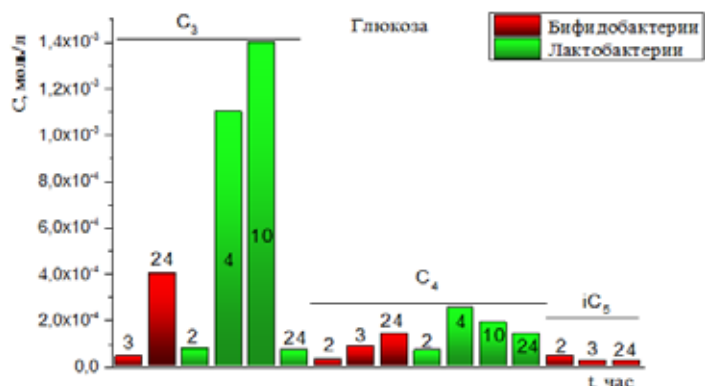


Рисунок 2 – Содержание КЦЖК, образующихся при действии бифидо- и лактобактерий на глюкозу, в зависимости от времени ферментации

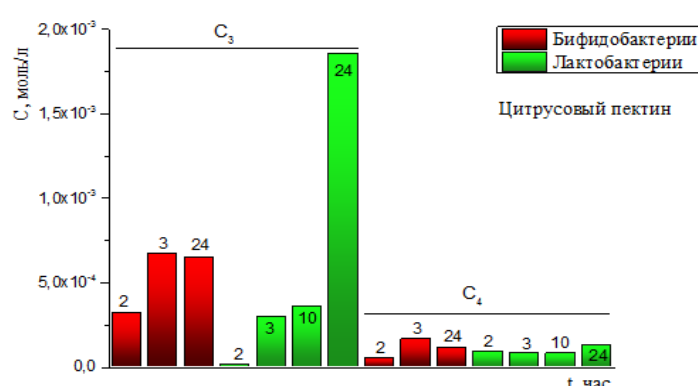


Рисунок 3 – Содержание КЦЖК, образующихся при действии бифидо- и лактобактерий на цитрусовый пектин, в зависимости от времени ферментации

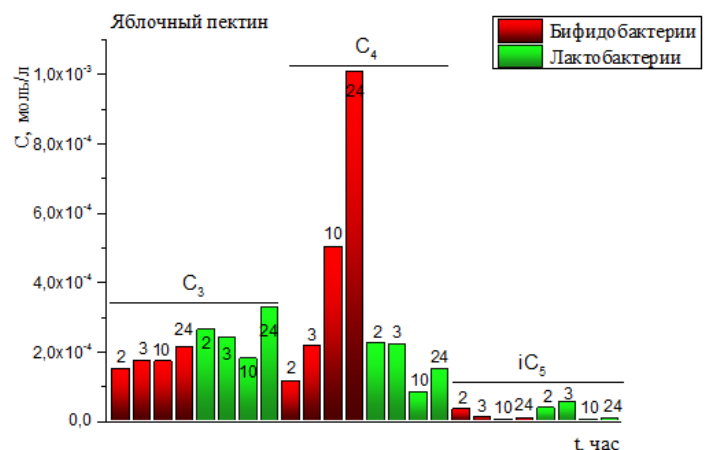


Рисунок 4 – Содержание КЦЖК, образующихся при действии бифидо- и лактобактерий на яблочный пектин, в зависимости от времени ферментации

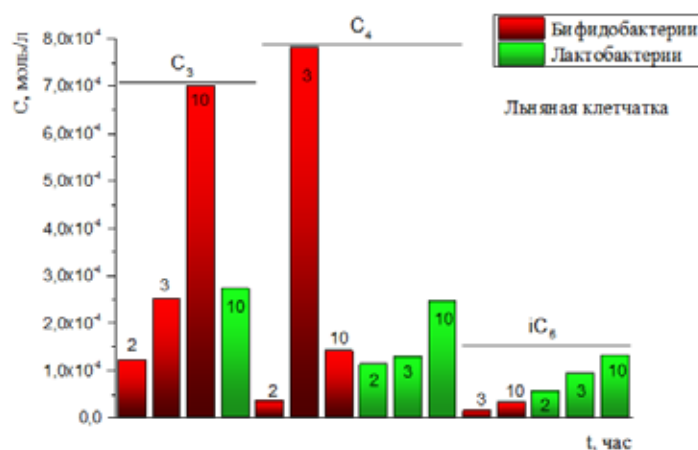


Рисунок 5 – Содержание КЦЖК, образующихся при действии бифидо- и лактобактерий на льняную клетчатку, в зависимости от времени ферментации